



气候变化背景下 登革热气候风险评估和气候预警

广东省气候中心

广东省公共卫生研究院

杜尧东，马文军，刘涛

2018年1月 香港



提 纲

- 1 引言
- 2 资料与方法
- 3 结果与分析
- 4 结论与讨论



1 引言

- 登革热(Dengue fever)是登革病毒引起，经伊蚊传播的急性传染病，主要分布于热带和亚热带的国家和地区。
- 伊蚊对温度极为敏感，温度的上升可通过扩大伊蚊地理分布范围，延长伊蚊活动时间，提高伊蚊繁殖速度，增加伊蚊叮咬率，缩短病原体潜伏期而加速登革热的传播 (Morin *et al.*, 2013)。
- 近百年(1880—2012年)全球平均地表温度上升了 0.85°C (IPCC, 2013)，在过去的五十年里，登革热全球发病率大约增加了30倍 (Guzman & Istúriz, 2010)。



- 目前，每年全球约有50万例登革热患者，造成大约2.5万人死亡（Hales et al., 2002）。登革热日益成为严重的全球性公共卫生问题（张复春, 2011; Murrell et al., 2011）。
- 华南位于欧亚大陆南端，濒临南海，属热带亚热带气候区，高温高湿的气候条件适合登革热传播媒介繁殖，是登革热流行高风险地区（鲁亮等, 2010）。
- 本文通过辨识登革热流行的气候致险因子，分析气候变化对登革热已有的和未来可能的影响，建立登革热气候预警指标和预警模型，为更好地监测和防治登革热提供科学依据。



2 资料与方法

- 登革热病例数据

根据中国疾病预防控制中心信息系统中的广东登革热病例数据

- 气象数据

观测资料为华南区域气候中心整编、通过均一性检验的华南110个气象站逐日气温资料。

RCP情景预估数据为中国国家气候中心研究人员使用国际理论物理研究中心的区域气候模式RegCM4，单向嵌套BCC_CSM1.1全球气候系统模式输出的RCP4.5和RCP8.5情景下的逐日平均气温数据(吉振明, 2012)。文中把1981—2010年作为参照时段，2013—2040年作为2020s，2041—2070年作为2050s，2071—2100作为2080s。



- 研究方法：

相关分析

Ross-Macdonald疾病传播动力学模型

线性趋势分析

累积距平

时间序列广义相加模型 (GAM)

ArcGIS技术



3 结果与分析

3.1 登革热流行的气候致险因子和临界指标

采用相关分析方法，得到了广州市登革热流行的气候致险因子：周最低温滞后9周、周累计降雨量滞后12周、输入性病例滞后5周为对应变量的本地登革病例最大相关滞后期，其相关系数分别为0.77、0.53和0.45

广州市本地病例与最低温、降雨量和输入病例滞后 1-16 的相关性分析

滞后期	最低温		累计降雨量		输入性病例	
	相关系数	P 值	相关系数	P 值	相关系数	P 值
1	0.41	0	0.01	0.92	0.43	0
2	0.48	0	0.03	0.7	0.44	0
3	0.55	0	0.08	0.24	0.43	0
4	0.6	0	0.13	0.06	0.43	0
5	0.65	0	0.19	0.01	0.45	0
6	0.68	0	0.24	0	0.44	0
7	0.72	0	0.28	0	0.41	0
8	0.74	0	0.34	0	0.39	0
9	0.77	0	0.39	0	0.38	0
10	0.76	0	0.46	0	0.34	0
11	0.76	0	0.51	0	0.29	0
12	0.73	0	0.53	0	0.25	0
13	0.69	0	0.52	0	0.24	0
14	0.65	0	0.52	0	0.18	0.01
15	0.6	0	0.51	0	0.15	0.04
16	0.54	0	0.51	0	0.08	0.29



根据Watts等(1987)的实验, 计算埃及伊蚊体内登革热病毒发育时间 n 与温度 T 之间的关系式为:

$$n=K/(T-C)=165.2/(T-11.8) \quad (1)$$

式中, K 为登革热病毒在蚊体内发育成熟所需的有效积温 165.2°C ; C 为病毒在蚊体内发育所需的最低温度 11.8°C 。

根据式(1), 给定伊蚊的日存活率 P , 可以计算出不同温度和蚊虫日存活率下, 感染蚊的传染性寿命(表1)。



由表1可以看出，蚊虫日存活率越大，感染蚊的传染性寿命 ≥ 1 天的温度越低，蚊虫日存活率为0.87、0.88、0.89、0.90和0.91时，感染蚊的传染性寿命 ≥ 1 天的温度分别为24 $^{\circ}\text{C}$ 、22 $^{\circ}\text{C}$ 、21 $^{\circ}\text{C}$ 、20 $^{\circ}\text{C}$ 和19 $^{\circ}\text{C}$ 。

Focks等(1995)在登革热模型研究中日存活率P值取值为0.89。如果P值取值0.89，则适于登革热传播的最低温度为21 $^{\circ}\text{C}$

这与陈文江等(2002)的推算结果相一致，也与肖方震等(2012)在人工气候箱模拟条件下，温度对白纹伊蚊传播登革病毒易感性影响的研究结果相一致

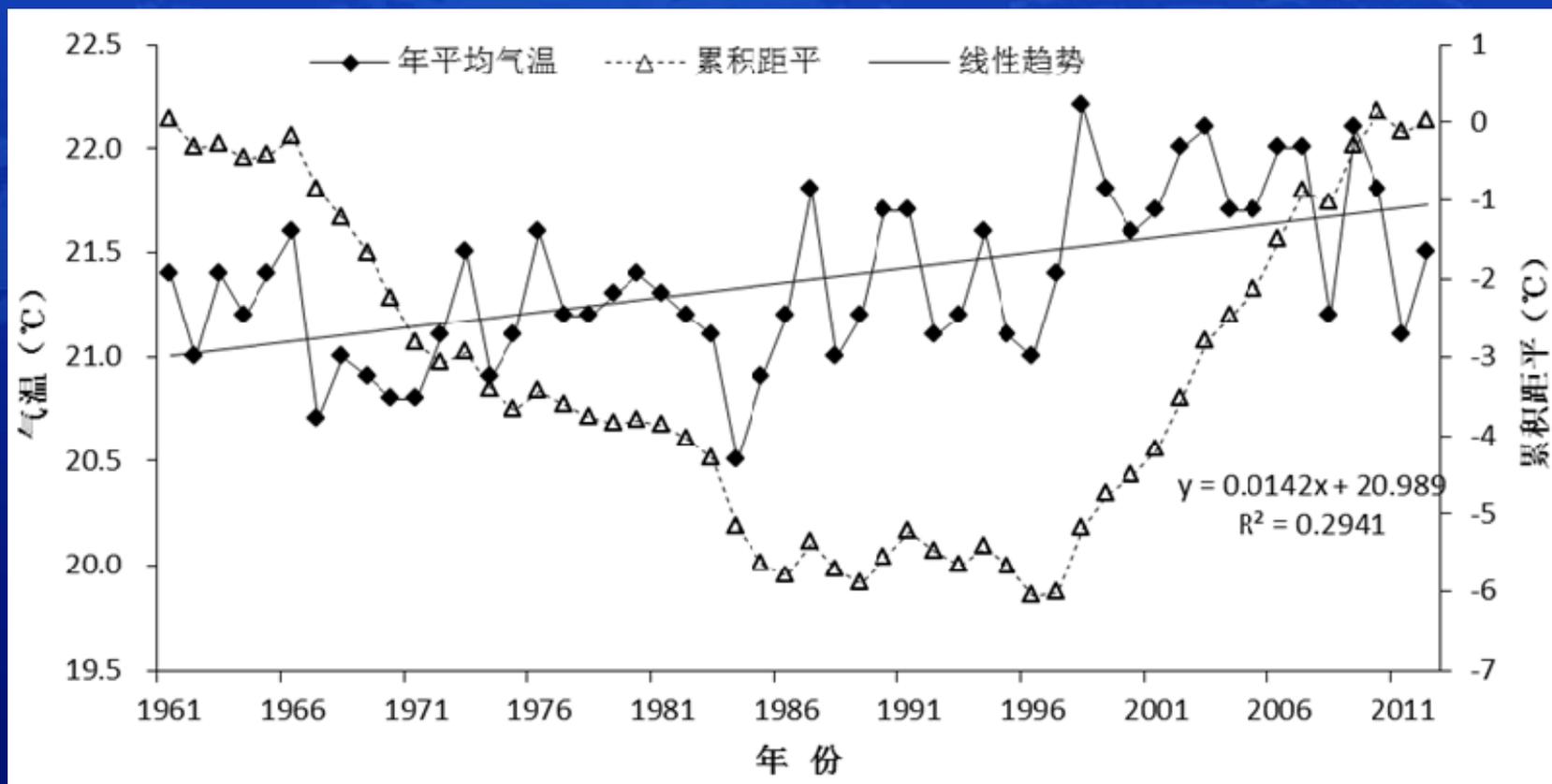
不同温度和蚊虫日存活率下感染蚊的传染性寿命 (d)

蚊虫日 存活率	温度 ($^{\circ}\text{C}$)								
	18	19	20	21	22	23	24	25	26
0.87	0.18	0.29	0.43	0.59	0.75	0.92	1.09	1.26	1.42
0.88	0.26	0.42	0.60	0.79	0.99	1.19	1.39	1.58	1.77
0.89	0.38	0.59	0.82	1.06	1.30	1.54	1.77	2.00	2.21
0.90	0.57	0.85	1.14	1.43	1.72	2.01	2.28	2.54	2.79
0.91	0.86	1.22	1.59	1.95	2.30	2.64	2.96	3.26	3.54

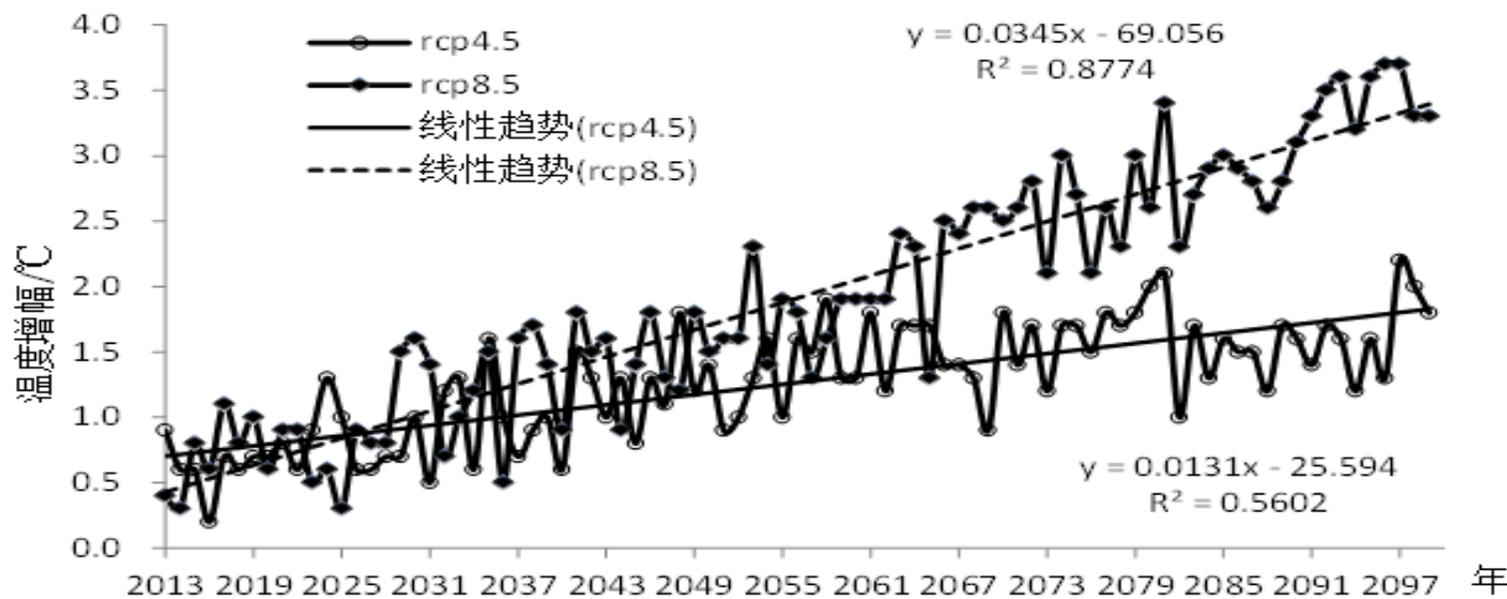


3.2 气候变化对登革热传播时间的影响

1997年发生了突变



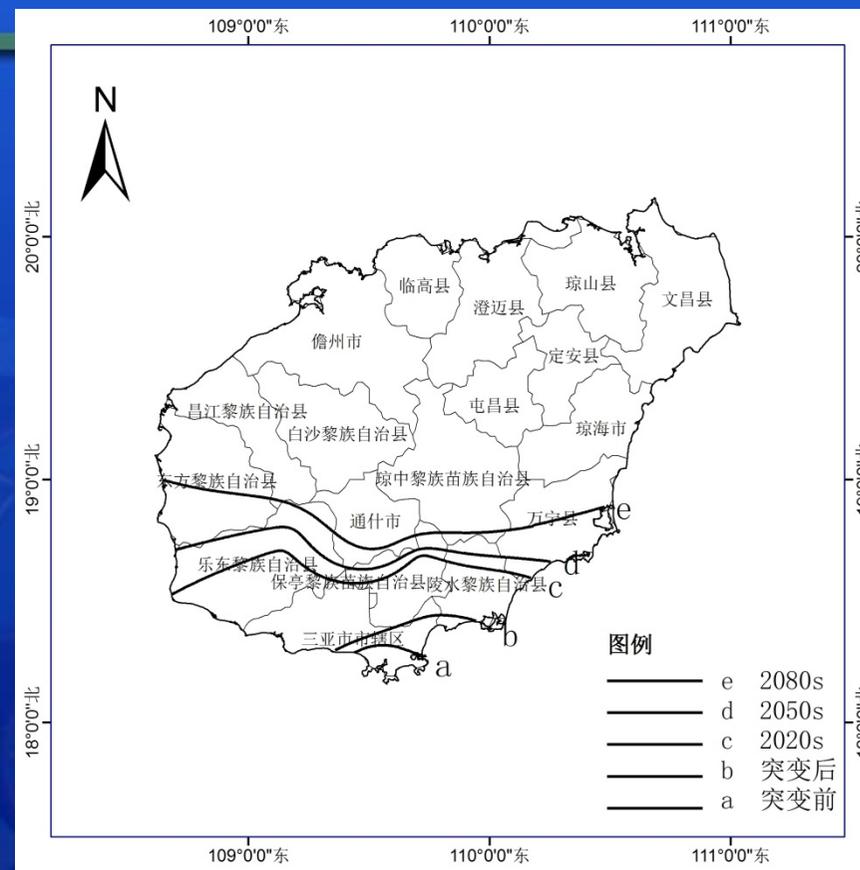
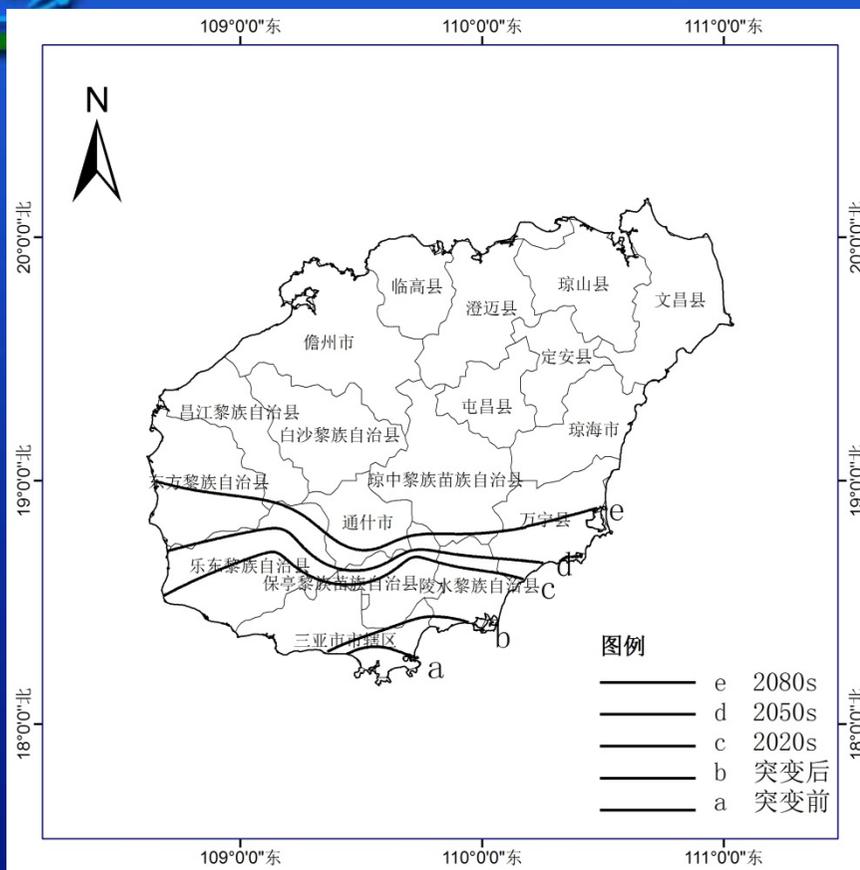
1961—2012年华南地区年平均气温及其累积距平的变化



华南地区未来时段年平均气温增幅相对参照时段平均值的年际变化

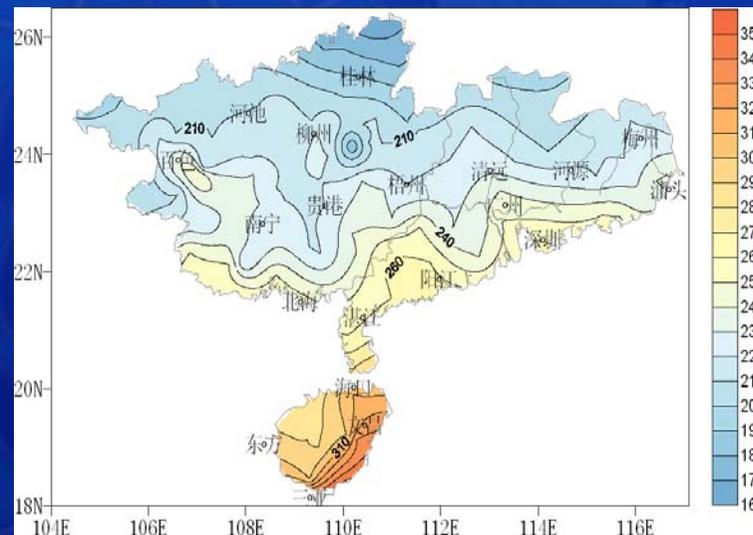
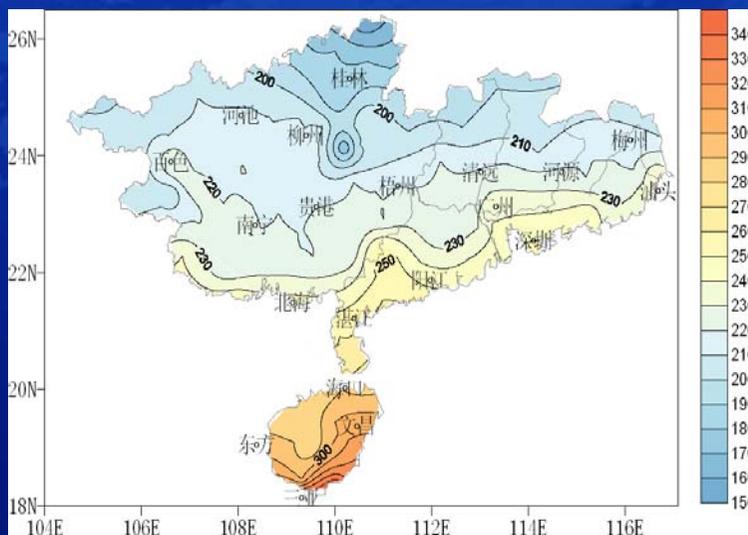
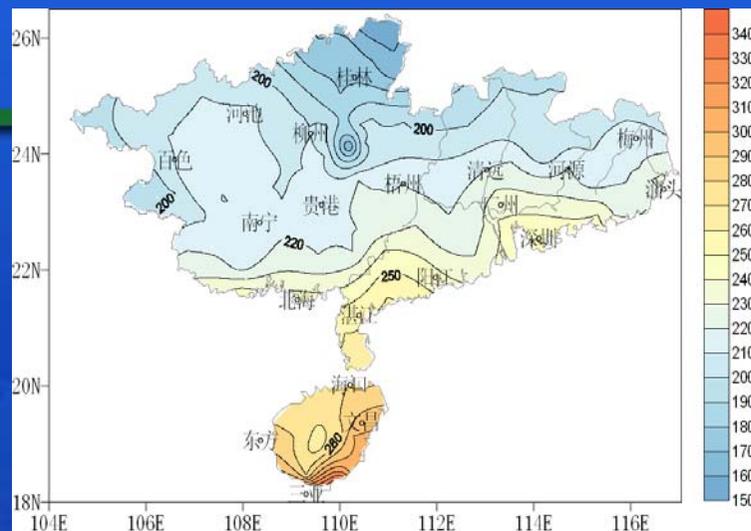
RCP情景下华南地区未来不同时段温度增幅

情景	相对于 1981—2010 年的温度增幅/°C		
	2020s	2050s	2080s
RCP45	0.8	1.3	1.7
RCP85	0.9	1.7	2.9



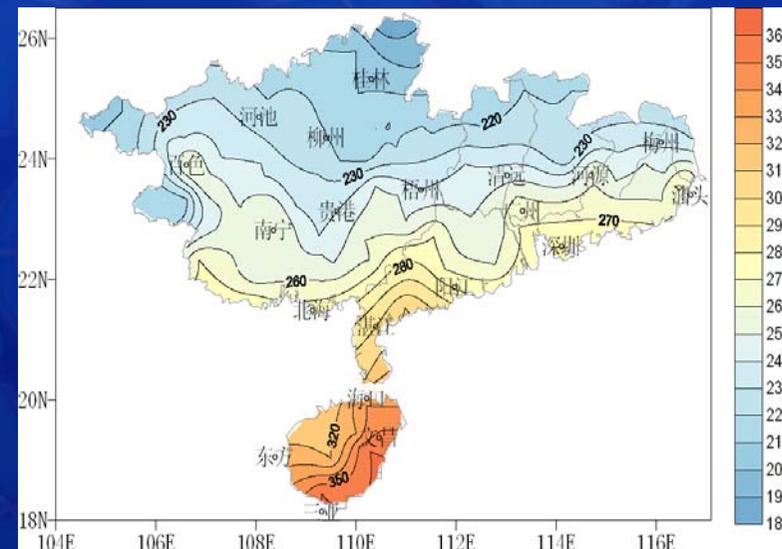
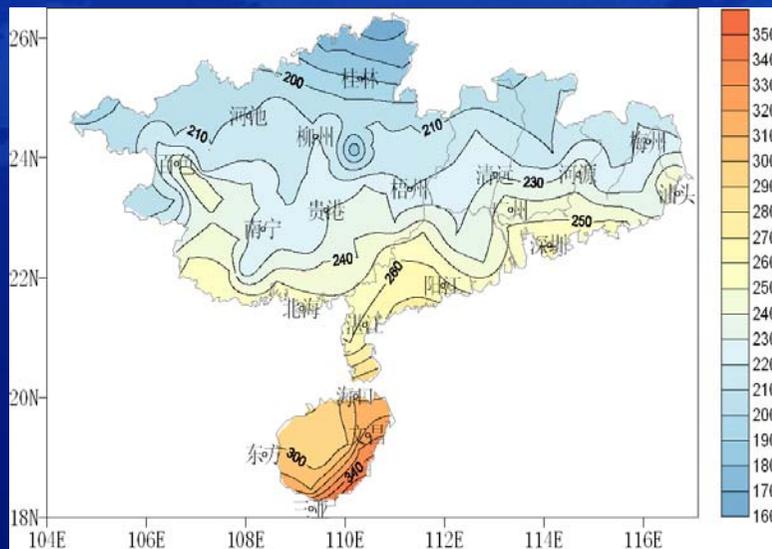
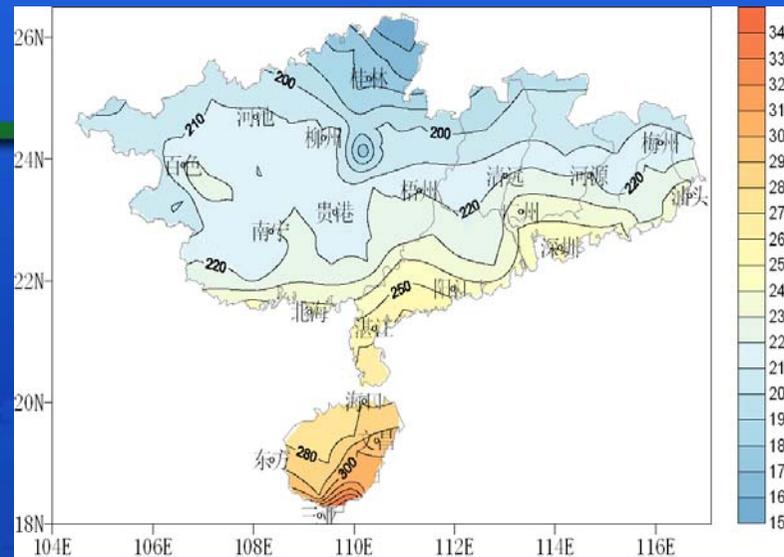
RCP4.5 (a)、 RCP8.5 (b) 情景下海南省不同时期终年流行区北界的变化

气温突变后(1997—2012年), 终年流行区面积分别较突变前(1961—1996年)增加了408km²。



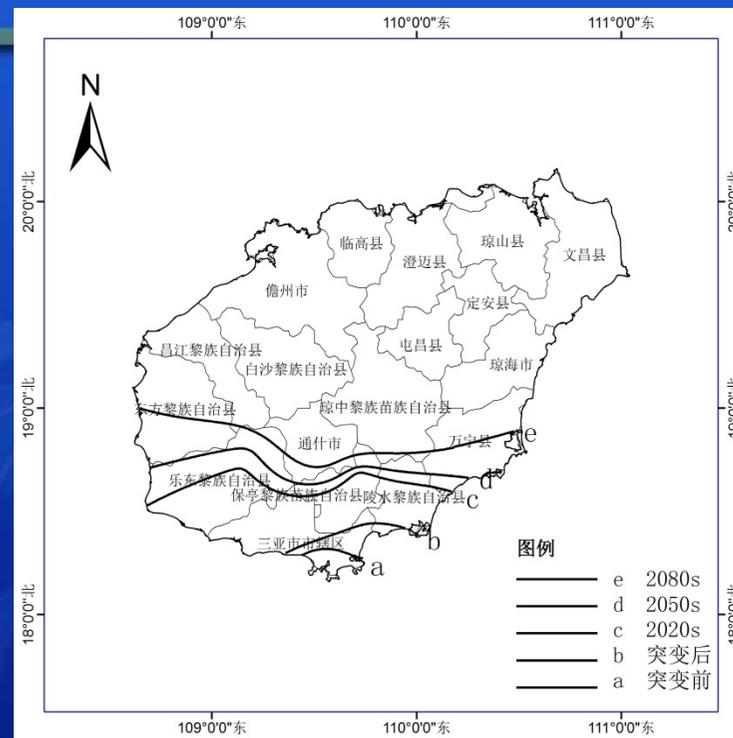
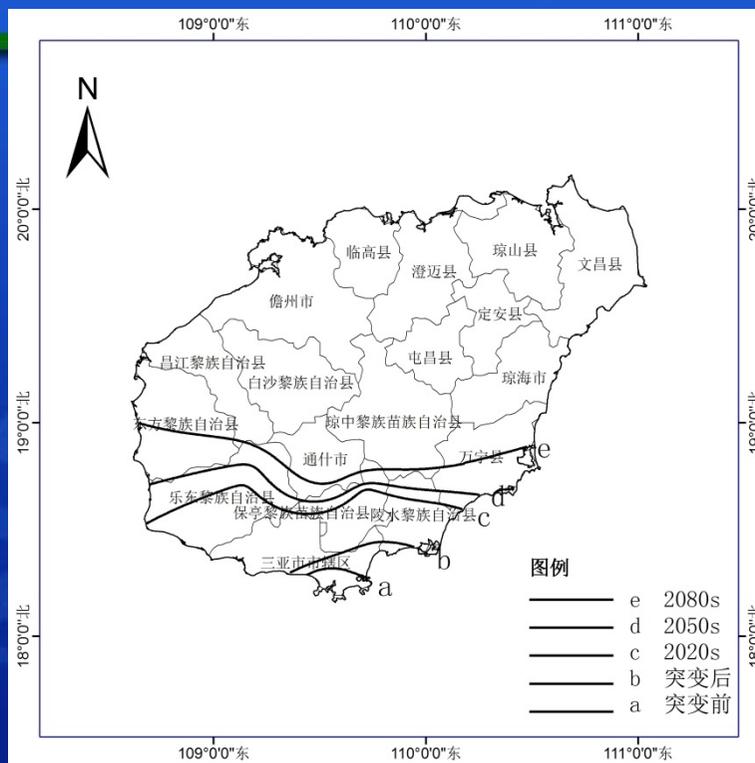
RCP4.5情景下华南地区2020s (a)、2050s (b)、2080s (c) 全年适宜登革热传播日数的空间分布

与1997—2012年平均值相比，2020s、2050s和2080s全年适于登革热传播流行的日数RCP4.5情景下分别增加了10d、15d和20d左右



RCP8.5情景下华南地区2020s (a)、2050s (b)、2080s (c) 全年适宜登革热传播日数的空间分布

RCP8.5情景下分别增加了15d、25d和40d左右



RCP4.5 (a)、RCP8.5 (b) 情景下海南省不同时期终年流行区北界的变化

海南省不同时期终年流行区面积的变化					
情景	面积 (km ²)				
	突变前	突变后	2020s	2050s	2080s
RCP4.5	272	680	4642	6116	8940
RCP8.5	272	680	5216	9460	21360

终年流行区面积RCP4.5情景下分别增加了3962 km²、5436 km²和8260 km²，RCP8.5情景下分别增加了4536 km²、8780 km²和20680 km²



3.3 登革热气候风险预警模型

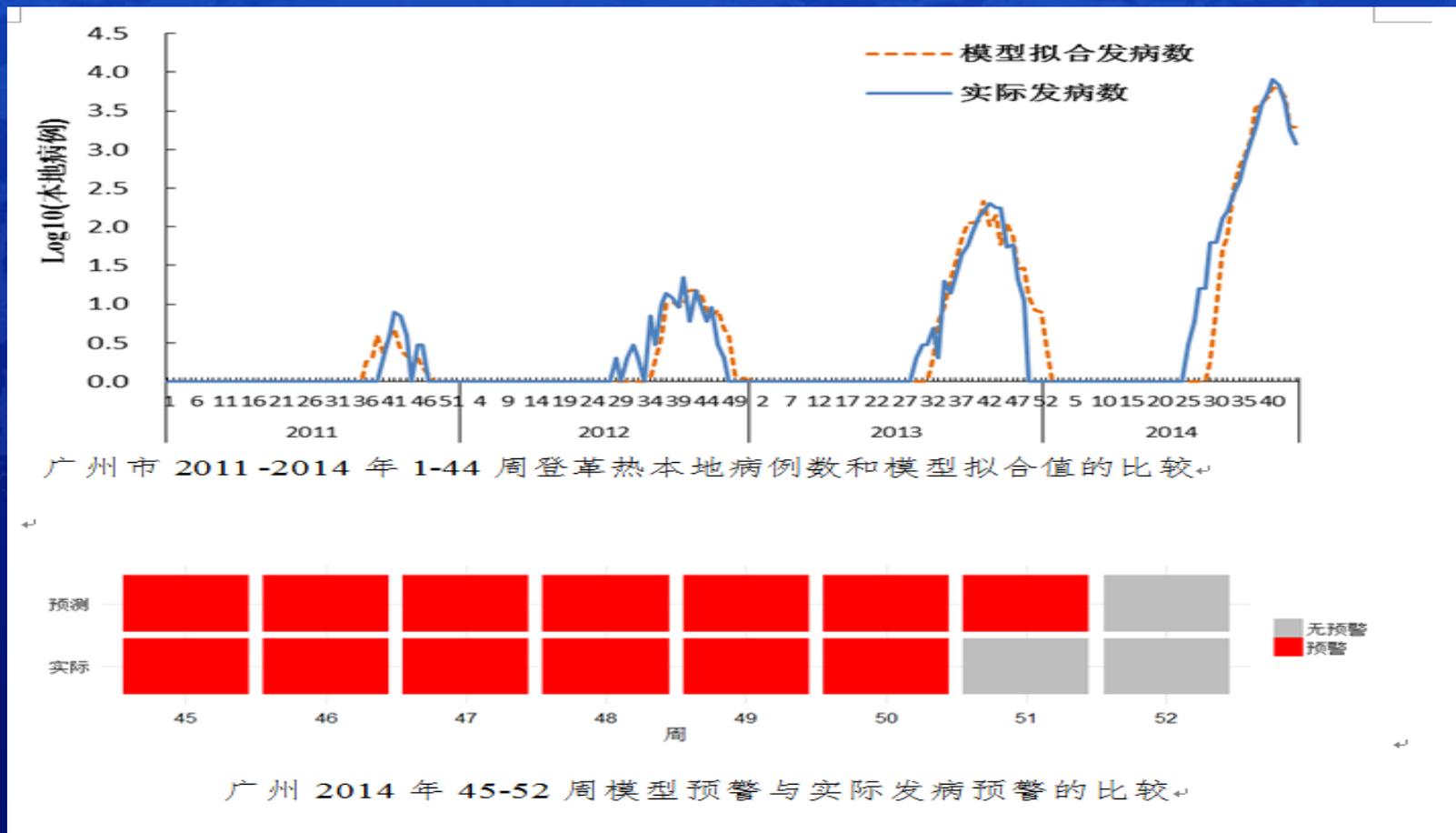
根据广州本地2011年至2014年前40周登革热发病人数（预报量），滞后9周的最低温、滞后12周的周累计降雨、滞后5周的输入性病例做为预报因子，采用时间序列广义相加模型（GAM），建立了本地登革热发病人数风险预警模型。

$$\begin{aligned} \text{Log}[E(u_t)] = & -809.41 + s(Tmin_{t-9}, 3) + s(R_{t-12}, 3) + \\ & s(Imp_{t-5}, 3) + s(Local_{t-5}, 3) + 0.41year - 1.06week - 1.95offset(pop) \end{aligned}$$

式中， u_t 为在第 t 周时的登革热本地病例数； $E(u_t)$ 为第 t 周本地病例数的期望值， \log 为Poisson分布资料在广义可加模型的连接函数； $s(Tmin_{t-9}, 3)$ 表示为最低温滞后9周的平滑函数； $s(R_{t-12}, 3)$ 表示为累计降雨量滞后12周的平滑函数； $s(Imp_{t-5}, 3)$ 表示为输入病例滞后5周的平滑函数； $s(Local_{t-5}, 3)$ 表示为本地病例滞后5周的平滑函数； $year$ 和 $week$ 为控制变量的长期趋势和季节趋势； pop 表示人口数量。



回代检验表明，模型拟合的发病数与实际发病数比较接近，模型对变异的解释度达95.6%，拟合效果较好。2014年45-52周试报结果表明，8次暴发预警中，有7次成功的预警，准确率达到87.5%。





4 结论与讨论

- 广州市登革热流行的气候致险因子：周最低温滞后9周、周累计降雨量滞后12周、输入性病例滞后5周； 21°C 可作为适宜登革热传播的下限温度指标。
- 华南地区1997年气温发生了突变，气温突变后全年适于登革热传播的日数、终年流行区面积分别较突变前有所增加；RCP5情景下未来不同时段全年适于登革热传播流行的日数、终年流行区面积仍持续增加。
- 采用时间序列广义相加模型（GAM）构建的登革热气候风险预警模型具有较高精度。
- 建模的数据段时间较短影响预测模型的稳定性，有待增加数据资料不断更新完善；构建模型未纳入社会经济防控等因素，如城市化状况、人口密度和蚊媒控制措施，这些也是影响登革热流行的重要因素。



谢谢!

